



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Mujeres en la historia de la química

Autor/es

MARÍA CAMILA ÁLVAREZ CHICA

Director/es

PEDRO JOSÉ CAMPOS GARCÍA

Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Titulación

Grado en Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2017-18



Mujeres en la historia de la química, de MARÍA CAMILA ÁLVAREZ CHICA (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**



Mujeres en la historia de la química

Women in the history of chemistry

Realizado por: María Camila Álvarez Chica

Tutor: Pedro J. Campos García

Facultad de Ciencia y Tecnología-Universidad de La Rioja

Curso: 2017-2018

Resumen:

En el siguiente trabajo se hace un acopio de los distintos logros encabezados por mujeres, mayoritariamente en el campo de la química, a lo largo de la historia.

Se narran los éxitos de distintas mujeres desde la época de la alquimia, pasando por el nacimiento de la química como ciencia moderna. Finalmente se centra en mujeres españolas y su desarrollo como científicas. La elección de las mujeres que conforman el recorrido es totalmente subjetiva.

Así mismo se detallan logros como la obtención del derecho al voto y el acceso a la universidad.

Abstract:

In the following work is a collection of various achievements led by woman, mainly in the field of chemistry, throughout history.

Tells achievements led by woman since the time of alchemy, going through the birth of chemistry as a modern science. Finally it focuses on Spanish women and their development as scientific. The choice of women who make up the route is completely subjective.

Also listed achievements including obtaining the right to vote and access to University.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. BLOQUE I: ALQUIMIA Y MUJERES

- TAPUTTI-BELAKUTIM.....6
- MARÍA-LA JUDÍA.....7
- MARQUESA DE CHÂTELET.....8

3. BLOQUE II: NACIMIENTO DE LA QUÍMICA

- MARIE-PAULZE LAVOISER11
- MUJERES COMO COLECTIVO.....14
- ACCESO A LA UNIVERSIDAD.....16
- IRENE JOLIOT CURIE.....17
- CRISTALÓGRAFAS.....21

4. BLOQUE III: QUÍMICA Y ESPAÑA.

- CONTEXTO SOCIOCULTURAL33
- CIENCIA EN ESPAÑA.....34
- MARY LOUISE FOSTER Y EL LABORATORIO FOSTER.....35
- DOROTEA BARNES.....37
- MUJERES ACTUALES.....39

5. CONCLUSIÓN PERSONAL

INTRODUCCIÓN

*“Nosotros no participamos
de la gloria de nuestros antepasados,
sino cuando nos esforzamos en parecérnosles.”
-Moliere-*

Nunca se ha encontrado base razonable para explicar la posición a la cual se relegaba a las mujeres en las distintas civilizaciones conocidas hoy en día por el hombre, solo se puede afirmar que en todas ellas se ha contribuido de una manera u otra a la idea de que hombres y mujeres no somos iguales. Y hasta hoy día, principios del siglo XXI seguimos librando la batalla de erradicar esa idea.

Es bien sabido que el ser humano desde sus comienzos como especie ha intentado explicar el mundo que le rodea, de manera en primera instancia religiosa, basándose en la creencia, para evolucionar e intentar explicarlo de manera racional y empírica. Si miramos al pasado, encontramos grandes hombres que han contribuido de manera notoria a ese intento de explicarlo, sin embargo, no encontramos grandes mujeres en ese cuaderno de bitácora, lo que nos puede llevar a la deducción lógica de que, o bien éstas no estaban interesadas, o bien de que, sí han existido, pero la historia se ha encargado de borrarlas.

Ahora bien, ¿por qué la historia de la ciencia ha borrado a las mujeres? Para responder a esta pregunta, debemos contextualizar el momento en el que nació la “ciencia”, es decir, en qué momento el hombre intentó explicar por primera vez el mundo que nos rodea de manera racional. Nos tenemos que remontar a Tales de Mileto (624-545 a.C.), el cual comenzó a usar el pensamiento deductivo aplicado a la geometría. A él se le atribuye la enunciación de dos teoremas geométricos, tal y como se nos ha explicado en los colegios. A éste le siguieron un gran número de hombres sabios y de gran reconocimiento mundial como Platón (427-347 a. C.) y su gran discípulo, Aristóteles (384-322 a. C.), cuyas ideas han sido los pilares de nuestras civilizaciones actuales.

Hasta el nacimiento de éste último, la diferencia entre hombres y mujeres se achacaba puramente a lo visible a los ojos, es decir, la mujer es inferior al hombre para llevar a cabo trabajos de gran labor física, o a la idea de que la mujer debe permanecer sin sufrir peligros ya que es “dadora de vida”. Todas estas razones son fácilmente rebatibles por cualquiera de nuestros antepasados.

Pero todo cambia si un gran hombre, sabio a los ojos de todo el mundo como Aristóteles, afirma vehementemente que la mujer es inferior al hombre y sustenta dichas ideas en razonamientos lógicos, en su libro *La parte de los animales* afirmaba:

*“Entre los animales, el hombre es el que tiene el cerebro más grande a la talla y, entre los hombres, los machos tienen el cerebro más voluminoso que las hembras... Son los hombres quienes poseen mayor número de suturas en la cabeza, y el hombre las tiene en más cantidad que la mujer, siempre por la misma razón, a fin de que esta región respire fácilmente, sobre todo el cerebro más grande”.*¹

Tras lo cual quedaba reafirmada toda idea de desigualdad entre hombres y mujeres y, si el cerebro de la mujer era inferior, ¿cómo iban a tomar en serio lo que éstas pudieran llegar a pensar o a deducir? Sin embargo, es momento de afirmar que mujeres, empezando por la civilización sumeria, pasando por aquellas que nacieron en la cuna de la democracia, las que nacieron bajo el yugo de la religión en la Edad Media, renacentistas, románticas, y en nuestras generaciones, han luchado por obtener el poder de la sabiduría, aunque se las haya intentado acallar, ridiculizar y desacreditar. Nuestro es el legado de hacer honor a todas ellas y liberar camino a las venideras. En este caso en particular, intentaré hacer justicia a aquellas que dedicaron su vida a la química a lo largo de la historia.

¹ Muñoz Paéz, Adela, *Sabias, la cara oculta de la ciencia*, Barcelona, Debate, 2007.

BLOQUE I. ALQUIMIA Y MUJERES

Antes de que apareciera la química como la ciencia que hoy en día conocemos, existía una protociencia llamada, alquimia. Bajo un contexto histórico se le denomina protociencia a la disciplina que posteriormente dará lugar a una ciencia, en este caso la química.

Para entender la alquimia, debemos entender que fin perseguían aquellos que la practicaban, ya que éstos son considerados los primeros trabajadores de los laboratorios, y los primeros que dieron un contenido espiritual a la actividad química. Esta doble faceta implica que tenían un objetivo material o exotérico, como la búsqueda de la piedra filosofal (oro) y el elixir de la vida (perfección del cuerpo, la salud, el cuerpo humano), y un objetivo espiritual vinculado a obtener un estado espiritual superior.

La química moderna debe mucho a la alquimia que se practicaba en la Europa Occidental en la época medieval y moderna. Ésta procede la alquimia árabe, y ésta, a su vez, se ve influenciada por la alquimia alejandrina, y en menor medida por la China

La alquimia alejandrina tiene su base en la tecnología y las prácticas químicas egipcias, la filosofía griega, el misticismo y las religiones (Grecia, Egipto, Babilonia) aunque su principal enemigo lo encontró en el cristianismo. Pero en el año 640 d. C. Alejandría fue conquistada por los árabes. Estos tradujeron los manuscritos griegos y empezaron a desarrollar una alquimia específica. Sin embargo, en el camino de la búsqueda hacia la divinidad, se toparon con algo más divino incluso, la química. Y como no podía ser diferente, en esta disciplina, también hubo una inquina contra las mujeres, tratándolas de brujas. Siendo algunas catapultadas al olvido y otras colocadas como simples inspiraciones de grandes alquimistas.

Durante toda etapa histórica en la que se contextualiza la alquimia, el papel de la mujer ha consistido en estar subyugada a los varones de sus familias y a la religión. Por lo que la mujer alquimista tuvo que ser autodidacta y muchas veces tuvo que mantenerse en secreto. Sin embargo, podemos rescatar a alguna de las fauces de la historia y darles el mérito que por derecho les pertenece.

TAPUTTI-BELAKUTIM

Nació en el siglo XIII, alrededor del año 1200 a. C., en la antigua Babilonia. Aunque hay pocos documentos que relaten su vida, sin embargo, es considerada la primera química del mundo. Se tiene constancia de su existencia debido a que se le describía en una tabla cuneiforme.



Imagen.1. tabla cuneiforme donde se detallan las técnicas usados Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tapputi>

Este nombre le fue dado ya que usaba flores y le añadía agua para posteriormente destilarlo todo con el fin de hacer perfumes. Esto hace que sea la primera vez que se usaban las técnicas alquimistas para fines distintos a los anteriormente establecidos. Es una muestra de que, desde los albores de la historia, la mujer ha estado presente en la ciencia, no solo como musas, si no de manera activa, aunque hoy en día no tengamos apenas noticia de ella.²

² Muñoz Paéz, Adela y Garritz, Andoni, *Mujeres y química. Parte I. De la antigüedad al siglo XVII. Educ. quím.*, 24(1), 2-7, 2013.

MARÍA LA JUDÍA

Dando un gran salto en el tiempo y en el espacio, llegamos a otra mujer cuyos adelantos siguen siendo usados hoy en día. Su existencia se ha puesto en duda durante varios siglos, sin embargo, los textos que en lo que se alude a ella datan de fechas comprendidas entre el siglo I y el II d. C., y la localizan en la zona de Alejandría. La referencia más concreta que avala su existencia es de Zósimo de Panópolis, alquimista, quien relata que tuvo en sus manos uno de los textos escritos por María.

La principal obra de María la Judía es conocida como *Diálogos de María y Aros*, en la cual quedan descritos procesos tales como leucosis (blanqueo), xantosis (amarilleo). Así mismo, se describe el ácido acético por primera vez. Fue la inventora de aparatos que incluso hoy en día son de gran utilizad para el hombre, tales como los “tribikos”. Este era un utensilio destinado a la destilación, el cual era una especie de alambique de tres brazos, y una vasija de barro donde se depositaba el líquido que se quería destilar (ver imagen 2).³

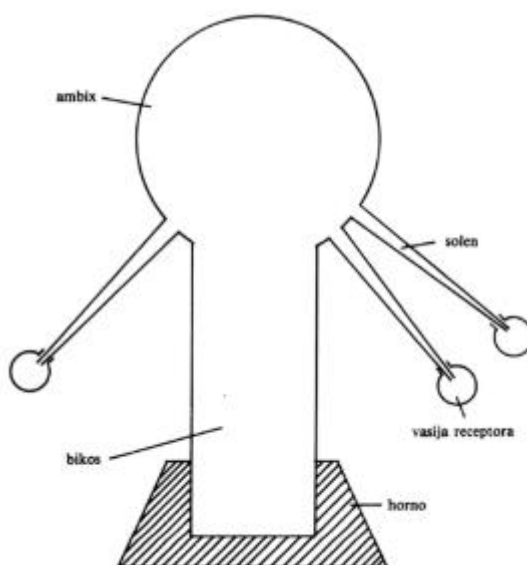


Imagen.2: Tribikos Fuente: *El legado de Hipatia: historia de las mujeres en la ciencia desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX*

Asimismo, fue la inventora de otro gran método, hoy en día utilizado; el baño María, que consistía en introducir un recipiente pequeño dentro de uno mayor que contenga agua. De

³ Alic, Margaret, *El legado de Hipatia: historia de las mujeres en la ciencia desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX*, Siglo XXI, Mexico, 2005.

este modo, lo que se calienta en primer lugar es el agua contenida en el recipiente de mayor tamaño y ésta es la que poco a poco va calentando el contenido del recipiente menor, de un modo suave y constante. Así mismo, creó una escuela de “química”, donde se estudiaron los compuestos de azufre y el proceso de la formación de sulfuro de plata. La brillantez de esta mujer hace que la deberíamos conocer por sus descubrimientos, sin dejar que su género se interponga en nuestro amor por la ciencia.⁴

MARQUESA DE CHÂTELET



Imagen.3 Marquesa de Châtelet *Fuente:*
https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%89milie_du_Ch%C3%A2telet

Aunque lo que aquí nos concierne sea la química como rama de la ciencia, ésta no surgió por sí sola y de la nada, sino que le precedieron otras ramas científicas, como las matemáticas o la física. Estas dos en concreto, su revolución fue encabezadas por el físico y matemático Isaac Newton, tienen su origen en ciudad inglesas. Las disputas entre Francia e Inglaterra eran bien conocidas por todos, así que era casi imposible que los franceses, punto de conexión entre Inglaterra y Europa, aceptasen las ideas de un inglés. De ahí que la duda surge: ¿cómo llegaron a desarrollarse todas estas ciencias por nuestro continente? La respuesta está en las manos de una mujer brillante: Gabrielle Émilie de Breteuil. Nació en 1707, hija del barón de Breteuil, por lo que pudo acceder a una buena educación, aunque el motivo diste mucho de ser el ideal. Su padre pensó que no iba a encontrar pretendientes debido a su físico, por lo que le permitió estudiar. La educación

⁴ Muñoz Paéz, Adela y Garritz, Andoni, *Mujeres y química. Parte II. De la antigüedad al siglo XVII. Educ. quím.*, 24(1), 156-157, 2013.

recibida y su gran disposición intelectual a aprender, dieron como resultado que, con doce años, hablara seis idiomas, fuera una gran amazona y una diestra en esgrima.

A pesar de los malos presagios de su padre, Emilie se casó con el marqués de Châtelet-Lomont, el cual tenía más títulos; barón de Cirey, general de Semur y gran de alcalde de Artois y Sarre Louis. Fue un matrimonio en el que no faltó el amor y respeto mutuo. Tras cumplir con sus deberes como esposa, tener hijos y cuidar de ellos, decidió dedicarse a sí misma, por lo que se fue a París a disfrutar por su propia cuenta. Tras meses por la capital francesa, decidió volver a sus andanzas con el conocimiento, y contrató a Pierre Maupertuis, profesor de matemáticas. Por aquel entonces, la alta sociedad francesa era acérrima defensora de las ideas cartesianas y, por ende, contrarias a las ideas inglesas de Newton, en concordancia con la rivalidad existente entre ambos países. Maupertuis, en concreto y sorprendentemente, era partidario del inglés, ideas que transmitía a sus discípulos, entre ellos Êmilie, lo que fue decisivo para su carrera. Pese a las ideas preconcebidas sobre las mujeres del profesor Maupertuis, Êmilie destacó positivamente en el mundo de las matemáticas. Sin duda, uno de los momentos cruciales de la vida Êmilie, fue conocer al filósofo, poeta y dramaturgo Voltaire. Estos se hicieron amigos, sin embargo, sus vidas se estrecharon tras la publicación de su obra *Cartas filosóficas a los ingleses*, donde dejaba en mal lugar las libertades y derechos de los ciudadanos francés en detrimento de los ingleses. Esta acción fue recibida como una deshonra para la sociedad francesa por lo que fue arrestado. Emilie, por alguna razón, decidió no dejar solo a su amigo ante tal situación e hizo lo imposible para ayudarlo. La primera solución que encontró fue su marido, que, tras las peticiones de Êmilie, aceptó concederle asilo en su finca de Cirey. Dicha finca está abandonada y en mal estado, por lo que el marido de Emilie aceptó mantenerlo bajo su protección a cambio de que éste se ocupara de las reformas de la finca. Sin duda, lo que más sorprendió fue la decisión de Emilie de irse a vivir a la finca con él. De ahí surgió una gran relación de la que nació un lugar de culto, ya que entre ambos formaron una gran biblioteca que llegó a contar con más de 20.000 volúmenes. Voltaire instaló instrumentación tal como péndulos, lentes, y microscopios. Esto hizo de la finca de Cirey un punto de encuentro para los intelectuales de París de ese momento.

Una de las primeras obras de Emilie fue un *Estudio sobre la naturaleza del fuego* que presentó junto con Voltaire a un concurso. Durante estos estudios, Emilie descubrió la radiación de infrarrojo y concluyó que el fuego no tenía peso. Debido a su pasado como alumna del profesor Maupertuis, y al amor de Voltaire por las ideas inglesas, ambos

trabajaron juntos las matemáticas de Newton. A Voltaire le apasionaba el científico inglés y deseaba difundir sus conocimientos por Francia, sin embargo, éste carecía de la astucia necesaria para entenderlo. Sin embargo, Emilie era una diestra en las matemáticas, y entre los dos publicaron *Elementos de filosofía de Newton*. En primera instancia, ambos eran coautores, sin embargo, en ediciones posteriores Voltaire figuro como único autor, a pesar de tener conocimientos reducidos de matemáticas. Pero lo realmente importante, fue que dicha publicación animó a Émilie a escribir sus propias obras. La primera, *Fundamentos de física*, publicada en 1740, en la que se recogían todas las teorías físicas del momento y un análisis crítico redactado por ella, y la catapultó como intelectual en toda Europa. No obstante, la obra más ambiciosa de Émilie fue la traducción crítica de la versión original en latín de los *Principia mathematica* de Isaac Newton. Aunque la empezó en 1736, la dejó aparcada y la abordó de nuevo en 1745. Esta obra incluía una extensa introducción que facilitaba su entendimiento, así como un apéndice donde resolvía las ecuaciones diferenciales. Esto permitió la entrada de las ideas de Newton al continente, lo que posteriormente dio pie a la revolución científica, un hito ampliamente conocido por todos. Sin embargo, pocos son conocedores de las hazañas de esta mujer y de lo mucho que la ciencia occidental le debe.

*“Juzgadme por mis propios méritos o por la falta de ellos, pero no me consideréis como un mero apéndice de este gran general o de aquel renombrado estudioso, de tal estrella que relumbra en la corte de Francia o de tal autor famoso. [...] Puede que haya metafísicos y filósofos cuyo saber sea superior al mío, pero yo no los he conocido”- Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil.*⁵

⁵ Ver referencia 1 (pág. 6)

BLOQUE II. NACIMIENTO DE LA QUÍMICA.

MARIE PAULZE-LAVOISIER.



Imagen.4 Retrato de Marie Paulze- Lavoisier junto a su marido. Fuente:
<http://museoartistas.blogspot.com/2012/11/retrato-de-antoine-laurent-lavoisier-y.html>

Si nos paramos a pensar en qué momento de la historia nació la química moderna como ciencia, a todos nos viene a la cabeza el nombre de Lavoisier, pero a pocos nos evoca el nombre de **Marie Paulze-Lavoisier**, su mujer.

Para entender como se pudo dar dicho avance en la química, se debe entender el contexto histórico.

*“El XVIII fue una de las épocas más importantes de la historia del país. Francia era la nación más rica y poderosa del continente. El gusto por lo francés, desde la arquitectura o el diseño hasta la moda, se extendía por todo el mundo occidental. Las ideas políticas y sociales de los escritores franceses influyeron en el pensamiento y en las actividades tanto de Europa como de América, y el francés se convirtió en el idioma de los intelectuales en todo el mundo”.*⁶

Así mismo fue un gran siglo para el crecimiento económico, esto se traduce en que un gran parte de la población vivía en condiciones precarias y una minoría poseía la mayor parte de las riquezas. Quien tuviera la suerte de vivir con lujos se podía dedicar a otra acción que no fuese trabajar sin parar. Y en esta posición encontramos a Lavoisier⁷. El cual tenía un gran puesto como recaudador de la Ferme (además era el heredero de una gran fortuna de abogados). Todo eso le permitió dedicarse a las tareas del laboratorio las cuales exigían, aparte de una gran inteligencia, un gran aporte monetario.

⁶ http://www.voyagesphotosmanu.com/francia_siglo_xviii.html.

⁷ Ver referencia 4 (pág. 11)

El matrimonio entre ambos fue de mutuo acuerdo, aunque acordado por el padre de ésta. De este matrimonio surgió una gran relación personal y profesional. Para las actividades en el laboratorio y para su posterior divulgación era necesario dominar el latín, ya que era el idioma de las instituciones, así como el inglés, ya que este idioma era en el cual escribían los intelectuales ingleses, los cuales eran expertos en medir y pesar los gases. Sin embargo, Lavoisier no tenía dominio de estas dos ramas. Por lo que Marie con el fin de pasar tiempo con su marido, empezó a recibir clases de química, perfeccionó el latín y el inglés.

Su trabajo se extiende a varios campos diversos. En primer lugar, como traductora e ilustradora. Es así que Lavoisier consiguió desterrar la teoría del flogisto y deducir la existencia del oxígeno debido a que, en 1777, Joseph Priestley visitó al matrimonio en su laboratorio del Arsenal y les proporcionó la información necesaria para reproducir el experimento, sin embargo, éste hablaba en inglés, por lo que sin la presencia de Marie no hubiera podido adquirir dicha información y reproducirlo. El ensayo era el siguiente:

“Se calentaba el óxido de mercurio en un recipiente cerrado hasta que se descomponía dando lugar al mercurio y a un gas no identificado (oxígeno), en este caso no se necesitaba carbón para la reducción del óxido de metal al metal, por lo que la obtención del oxígeno puro permitió descartar la teoría del flogisto (la cual explicaba hasta el momento de la combustión). El flogisto o principio inflamable, descendiente directo del "azufre" de los alquimistas y más remoto del antiguo elemento "fuego" era una sustancia imponderable, misteriosa, que formaba parte de los cuerpos combustibles. Cuanto más flogisto tuviese un cuerpo, mejor combustible era. Los procesos de combustión suponían la pérdida del mismo en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y, por tanto, no podía seguir ardiendo. El aire era indispensable para la combustión, pero con carácter de mero auxiliar mecánico.

Las reacciones de calcinación de los metales se interpretaban a la luz de esta teoría del siguiente modo: el metal, al calentarse perdía flogisto y se transformaba en su cal. Es precisamente aquí donde falla la teoría del flogisto. Por lo que Lavoisier, al repetir el experimento varias veces, tuvo que enfocarlo de manera diferente; el gas que escapaba cuando calentaba el óxido era una sustancia diferente que había en el aire imprescindible para la combustión, llegando a denominarlo oxígeno. Sin embargo, el trabajo no finaliza al descartar una teoría anteriormente establecida, sino cuando se convence al resto de los científicos de esta idea. Esto hacía que ahora fuera necesario difundir dicha idea, si no

¿de qué valía? Para ello Marie reunió varios puntos a favor para dicha tarea. Le ayudaron el conocimiento del inglés y los ensayos de su marido.

El descubrimiento de la reacción de descomposición de la cal de mercurio no solo fue importante para el descubrimiento del oxígeno, sino que, de esta manera, Lavoiser entendió los procesos de combustión. La escribió dicha reacción de manera similar a una ecuación matemática: Representados los reactivos a la izquierda y los productos a la derecha, el número de átomos a un lado y a otro debía ser igual. Por ello esta reacción fue determinante para transformar los conocimientos difusos que hasta ahora se tenían sobre la combinación de los elementos para dar paso a una ciencia moderna llamada Química. Todos estos conocimientos los plasmó en papel, en su idioma materno, francés. Era Marie, la cual debía tener un profundo conocimiento de lo que se trataba ya que era ella quien decidía qué artículos traducir al inglés.

Debido al impacto de esta idea, Lavoiser detalló el procedimiento experimental, sin embargo, Marie hizo algo más útil: realizó un detallado esquema del dispositivo experimental. El libro en el cual se recogen todos estos conocimientos se denomina *Tratado Elemental de química*, sin embargo, solo aparece como autor Antoine Lavoisier. En dicho libro aparecen las láminas hechas por Marie y el nombre con el que estaba firmaba, era su nombre de soltera.

Pese a toda la gloria, con la toma de la Bastilla y el inicio del terror Jacobino, Lavoiser fue encarcelado por su puesto en las instituciones públicas durante la época monárquica y decapitado el 8/05/1794. Tras la muerte de su marido, Marie costeó la impresión de 300 ejemplares del libro *Memorias de Química* y se encargó de distribuirlo entre los científicos que ella consideraba oportunos. Así que, aunque la historia no le ha otorgado el puesto que merece, el presente y el futuro sí pueden.

COMIENZO DE LA UNIÓN DE LAS MUJERES COMO COLECTIVO

Si lo que aquí nos atañe es la historia de la mujer, concretamente en la ciencia, debemos conocer los avances sociales que les dieron el poder de obtener más notoriedad en el mundo científico, entre otros. Por ello, se debe conocer el nombre de mujeres que han conseguido que esos cambios sociales se dieran y en el ámbito en el que se dieron.

Uno de los principales motores fue que un momento determinado de la historia las mujeres se unieron para empezar una lucha colectiva. A diferencia de lo visto hasta ahora, que habían librado la lucha como individuo. Hasta el momento, de las mujeres que se han dedicado a la química, algunas lo han hecho como *hobbie*, otras por amor a la ciencia y otras por amor a lo desconocido. Lo que sí está claro es que todas lo han hecho de manera “casera” sin ninguna institución que las reconociese como válidas para ello, tampoco la sociedad.

Hasta el punto recorrido, todas se han tenido que defender de los demás, dominadas por sociedades patriarcales en las que eran consideradas ciudadanos de segunda, relegadas a las labores domésticas, ridiculizadas cuando se atrevían a hacer aquello para lo que no estaban destinadas. Hasta este momento, habían sido obedientes como colectivo en las diferentes sociedades en las que les tocó vivir, aunque algunas se hubieran salido de lo establecido socialmente. Sin embargo, la Europa del siglo XIX, tras la Revolución Francesa, se vio sumida en un movimiento conservador que coartó las pocas libertades que las mujeres obtuvieron durante la revolución. No obstante, la llama de la lucha que la Revolución Francesa había plantado en ellas seguía con vida. Por lo que, a lo largo del siglo XIX, surgieron asociaciones de mujeres que tenían como objetivo la obtención de derechos fundamentales como el voto, el acceso a la educación y la abolición de la doble moral sexual que siempre ha estado oprimiendo a las mujeres, la misma moral que considera un acto ejercido por mujer y hombre más pernicioso si eran hechos por éstas. Así pues, en la obtención del derecho al voto, las mujeres tuvieron que conseguirlo con mucho esfuerzo y lucha, ya que tuvieron que apelar a la lucha en las calles para poder ser oídas en las grandes instituciones, y a muchas les costó la vida. Pero no cabe ni la menor duda de que a todas y a cada una de ellas le debemos nuestra posición de ciudadanas de pleno derecho. Porque nosotras también estamos subidas a hombros de gigantes femeninos.

El derecho a la educación, tuvo menos apoyo colectivo, ya que en algunas sociedades ese derecho residía en recibir educaciones básicas, y en otras sociedades más avanzadas, dicho derecho residía en el acceso a la universidad. Sin embargo, para entender cómo se consiguió el acceso a la universidad debemos entender el movimiento feminista que surgió a mediados del siglo XIX. La revolución francesa supuso algo más que el derrocamiento de la monarquía, para muchos sirvió como un claro ejemplo de que la colectividad, y la acción conjunta podían derrocar muros. Por lo que las mujeres vieron en los movimientos obreros y antiesclavistas fuente de inspiración para unirse, el primer ejemplo de esto data de 1840 con la convención de Seneca Falls, la cual fue la primera convención sobre los derechos de la mujer, de la cual surgieron luego diversos movimientos para lograr el voto de la mujer en Estados Unidos. Fue organizada por Lucretia Mott y Elizabeth Cady Stanton (imágenes 5 y 6).⁸



Imagen.5 Lucretia Mott Imagen.6 Elizabeth Cady Stanton Imagen.7 Caroline Norton

Mientras tanto en Inglaterra, la batalla se libró mediante la escritura, con autoras como Caroline Norton (imagen 7). Caroline Norton, como un gran número de mujeres, fue obligada a contraer matrimonio. De esa unión surgieron varios hijos. Caroline, sin embargo, fue víctima de maltrato y cuando decidió dejar su hogar, se topó con las leyes que regían Inglaterra hasta ese momento, en la cual los hijos eran pertenencia del padre, por lo que, ante tal situación, Caroline decide formar una campaña para derogar la ley. Esta campaña fue determinante para la aprobación de Ley sobre La cuestión de los hijos

⁸Ferrer Valero Sandra. *Abolicionista y feminista, Lucretia Mott (1793-1880)*. <http://www.mujeresenlahistoria.com/2018/02/lucretia-mott.html>.

de 1839, primera legislación feminista hecha ley. El caso de Norton Fue apoyado por un gran número de mujeres y casualmente por un hombre de relevancia como John Stuart Mill. Su obra sirvió de soporte intelectual al movimiento feminista.⁹

ACCESO A LA UNIVERSIDAD

Hasta el momento, hemos recorrido la historia de grandes mujeres autodidactas, que tuvieron que hacerse así mismas, pero cabe preguntarse en qué momento las mujeres pudieron dejar de ser maestras y aprendices a la vez, para ser sólo aprendices al igual que sus compañeros. La lucha por el acceso a la universidad fue ardua y nada sencillo. Pero, la pregunta sería la siguiente, ¿por qué ese rechazo a la entrada de las mujeres a la universidad? Lo primero sería reconocer que la mujer tiene un papel en la sociedad más allá que el puramente hogareño, ya no estarían obligadas a casarse a los 13 años si no que reclamarían una educación para vivir por ellas mismas, y esto arremetería contra el sistema familiar que hasta este momento estaba instaurado; los padres consiguen beneficios políticos/económicos en su mayoría a cambio de dar a su hijo en matrimonio. ¿Qué pasaría si la hija decide que no quiere casarse por qué quiere ser médica? ¿Y si después de ser médica, la mujer decidiera que no quiere ser madre? Estaría atentando contra el modelo familiar que las sociedades ligadas a las religiones han querido imponer. Así mismo, sería el reconocimiento de que mujeres y hombres tienen la misma capacidad intelectual por lo que ésta no debe estar sometida a la decisión de lo que los hombres impongan y se impongan, y se reconocería la libertad de decisión y actuación de la misma.

Que la mujer accediese a la educación hacía peligrar el régimen establecido, el régimen que tan bien había funcionado para aquellos que tenían poder. Las mujeres norteamericanas sacaron provecho de la guerra civil, ya que se hicieron cargo con valentía y fuerza de actividades que hasta ese momento habían sido realizadas por hombres, como ocurre generalmente en guerras y en procesos revolucionario. El acceso de la mujer a la universidad en Europa fue un trabajo más arduo si cabe, sin embargo, todas las batallas dieron su fruto.

⁹ <https://theconversation.com/meet-caroline-norton-fighting-for-womens-rights-before-it-was-even-cool-53668> ; <http://theconversation.com/meet-caroline-norton-fighting-for-womens-rights-before-it-was-even-cool-53668>.

La Universidad de París y Zurich abrieron sus puertas para la carrera de Medicina; siendo la primera titulada oficial en medicina Nadezha Suslova (rusa) en 1865 mientras que en la Sorbona, la primera fue Elisabeth Garret en 1870, de la apertura de sus puertas se beneficiaría en 1891 Marie Skolodowska-Curie.

En nuestro país las mujeres no tuvieron acceso hasta 1910, pero este tema lo desarrollaremos más adelante.

Las últimas que obtuvieron el derecho a la educación universitaria fueron las inglesas, pese a ver sido arduas luchadoras en la igualdad de la mujer. Oxford las admitió en 1920 y Cambridge en 1945 de manera aún rigurosa hasta 1970 no fue libre del todo.

Pese a todas las trabas, a finales del siglo XX todas las universidades permitían el acceso libre a las mujeres, con excepción del colegio de España de Bolonia, y aún a día de hoy esta denegado el acceso a mujeres. Por lo que a continuación exploraremos la gloria de las mujeres fruto de universidades y de una educación homogénea a la de los hombres.¹⁰

IRENE JOLIOT-CURIE

Nacida el 12 de septiembre de 1897 en París, Francia. Irene Joliot-Curie es más conocida por ser hija de Marie y Pierre Curie que por sus propias aportaciones, que sin duda merecen un lugar en la historia de la química.



Imagen.8 Irene Joliot-Curie *Fuente:*

https://es.wikipedia.org/wiki/Ir%C3%A8ne_Joliot-Curie

¹⁰ Ver referencia 1 (pág. 6)

Irene destacó desde joven en matemáticas. Durante su infancia tuvo a su madre de profesora, la cual la animó a ingresar en la Sorbona para estudiar física y matemáticas.

Solo dos años después de su ingreso, con el estallido de la Primera Guerra Mundial dejó sus estudios aparcados para colaborar en la ardua tarea de su madre: servir en el frente como enfermera radiológica, instalando lámparas de rayos X y guiando a los cirujanos en acciones tales como las extracciones de balas.¹¹

Al acabar la guerra, se une al instituto de radio, donde conoce al que se convertirá en compañero de laboratorio y vida, Frédéric Joliot. Irène Joliot-Curie, junto con su marido, cambió la forma de ver la química y la relación entre los distintos elementos.

En 1935 recibe el **Premio Nobel de Química** por su trabajo: *Producción artificial de elementos radiactivos II. Prueba química de transmutación de elementos*.¹²

Para entender el trabajo llevado a cabo por Irene Joliot Curie, debemos adentrarnos en el mundo de la radiactividad. Para entender el concepto de radiactividad, debemos primero como buenos químicos conocer la estructura del átomo.

Tomando como ejemplo el átomo más sencillo, el hidrógeno, y el modelo más sencillo que explora la estructura interna del átomo, nos encontramos con que en el interior de éste tenemos protones (denominado número atómico Z) y neutrones, y en la corteza externa tenemos electrones. Aquellos átomos del mismo elemento químico tienen igual número de protones (número atómico) sin embargo pueden existir átomos del mismo elemento con distinto número de neutrones (isotopos). Queda así definido el número atómico (protones + neutrones) A .

¹¹ <http://www.huellasdemujeresgeniales.com/irene-joliot-curie/>

¹² https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/joliot-curie-bio.html;
<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00233216/document>.

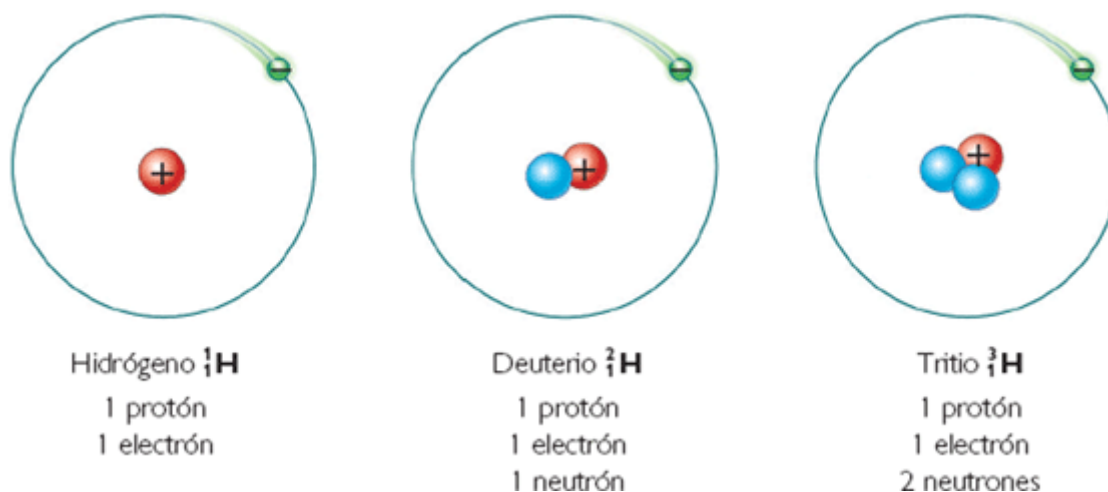


Imagen.9 Estructura interna de diferentes isótopos del Hidrógeno Fuente:
<http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/quimica/istopos.html>

Se denomina nucleido a aquellos núcleos que tienen el mismo Z y A.

Si nos preguntamos por qué los núcleos se mantienen unidos a pesar de estar cargados positivamente “en contacto”, esto surge por la presencia de los neutrones que se mantienen unidos por una fuerza internuclear fuerte.

Sin embargo, puede ocurrir que debido al número de neutrones y protones estas fuerzas no vencen a las fuerzas de repulsión y estos “decaen” para obtener un número estable de neutrones y protones.

Este decaimiento es conocido como radiactividad, por lo que los nucleidos que no son estables decaen a nucleidos estables. Este a su vez puede ser no estable y decaer de nuevo de un nucleido. Este proceso se conoce como **RADIATIVIDAD ESPONTÁNEA**.

Dicho decaimiento libera radiación, la cual puede ser de varios tipos.

1. Radiación alfa. Esta radiación consiste en la liberación de dos protones y dos neutrones. Como resultado el elemento tiene un número atómico dos valores más abajo.
2. Radiación beta: en este proceso en el cual protón y neutrón se interconvierten, debido a esto la electroneutralidad no se cumple por lo que se emite una partícula beta, dependiendo del tipo de interconversión

- a. Protón se convierte en un neutrón (β^+): en este caso está compuesta por positrones (Posee la misma cantidad de masa y espín que el electrón sin embargo, esta es positiva) y neutrinos (son partículas subatómicas de tipo fermiónico, sin carga y espín $1/2$) el núcleo resultante tiene un neutrón más y un protón menos que el núcleo desde el cual decae, quedando inalterado el número másico.
 - b. Neutrón se convierte en protón (β^-) se producen electrones y antineutrinos (es la antipartícula correspondiente al neutrino). El resultado es un núcleo con el mismo número másico y número atómico $Z+1$.
3. Radiación gamma: La emisión de partículas alfa y beta no siempre dejan al núcleo en su estado más estable, y el exceso de energía remanente puede ser liberada como rayos gamma (en forma de radiación electromagnética, como lo son los rayos X o las microondas).

Lo novedoso por parte de Irene J. Curie fue el descubrimiento de la radiactividad artificial.

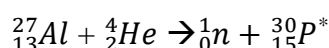
Según narra en su libro *Producción artificial de elementos radiactivos*
 II. Prueba química de transmutación de elementos

“Boro, magnesio y aluminio, después de la irradiación con rayos de polonio muestran una radioactividad sostenida que, en el caso de B y Al, se manifiesta por la emisión de positrones, mientras que en el caso del Mg hay emisión de electrones y positrones negativos. Los elementos de radio han sido creados por transmutación. Su destrucción sigue una ley exponencial; la disminución a la mitad tiene lugar en 14 min., 2 min. 30 seg. 3 min. 15 segundos, para B, Mg y Al respectivamente. Es independiente de la energía de los rayos del excitador. La radiación emitida por Al y B irradiado está compuesta exclusivamente por positrones sin electrones negativos, y forma un espectro continuo como el espectro natural de los rayos de los cuerpos radiactivos. Energía el máximo de radiación de positrones es del orden de $1.5 \cdot 10^6$ eV para B, $3 \cdot 10^6$ eV para Al. Los electrones positivos y negativos de Mg forman

dos espectros continuos y sin duda corresponden a la transmutación de dos isótopos de Mg.

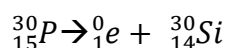
Estos nuevos elementos radiactivos son probablemente los núcleos $^{13}_7\text{N}$, $^{27}_{14}\text{Si}$, $^{28}_{13}\text{Al}$, $^{30}_{15}\text{P}$, formados en de los núcleos $^{10}_5\text{B}$, $^{24}_{12}\text{Mg}$, $^{25}_{12}\text{Mg}$ y $^{27}_{13}\text{Al}$. El boro y el aluminio se han separado químicamente de los elementos radiactivos formados por ellos, que, como se esperaba, tiene las propiedades químicas del nitrógeno y el fósforo respectivamente. Estos experimentos constituyen la primera prueba química de transmutaciones artificiales. Se propone llamar al radio-nitrógeno, al radio-silicio, al radio-aluminio y al radio-fósforo como la nueva radio-elementos”¹³

Ya que esto es una traducción directa del francés, vamos a simplificar las cosas para poder entenderlo. Un átomo estable puede pasar a ser no estable si contra este chocan partículas con la energía necesaria, de este modo se convierte en un isótopo radiactiva que emite partículas. Para ejemplificar este proceso, tomaremos de ejemplo el aluminio.



En este caso partículas alfa (núcleo de helio) chocan contra un núcleo de Al, este transmuta en fósforo, (tiene un número atómico de Z-2) emitiendo un neutrón y positrones. Experimentalmente se demostró que una vez cesado el bombardeo de partículas alfa cesaba la aparición de protones, pero seguían detectando positrones.

Al estudiar la actividad de la radiación, la emisión decaía exponencialmente como en la radiactividad natural, por lo que se propuso, que el fósforo obtenido era también un núcleo inestable, por lo que este también decaía, transmutándose en silicio mediante la liberación de positrones.



Este descubrimiento cambio la forma en la que los químicos entendieron la tabla periódica y la relación entre los distintos componentes de esta misma. La concentración y aislamiento de estos radioisótopos permitió su uso en áreas tales como la medicina.

¹³ Ver referencia 11 (pág. 23)

CRISTALÓGRAFAS

Una de las grandes intrigas desde los albores de los tiempos han sido los minerales, los cuales han sido usados como herramientas, pigmentos, moneda de cambio o simplemente para admirarlos. Sin embargo, lograr descubrir cómo son sus estructuras no fue tarea sencilla. No fue hasta principios del siglo XX cuando se descubrió la técnica que permitía conocer con seguridad la estructura. No obstante, primero se tuvo que dar otro gran descubrimiento, los rayos X.

Rayos-X

Estos son radiación electromagnética, capaces de atravesar cuerpos opacos, su longitud de onda está comprendida entre 10 y 0.01 nanómetro.

Para producir los rayos X se debe crear una diferencia de voltaje entre dos puntos (ánodo y cátodo), pudiendo variarse entre 30 y 150 kV. En el cátodo se dispone un filamento, en el cual se crea una nube electrónica alrededor del mismo. Los electrones de la nube se ven atraído por la parte positiva del circuito, ánodo, en el cual se ha colado una lámina de un metal. Estos electrones tienen la energía suficiente para chocar con los electrones de la capa interna, aportándoles la energía necesaria para salir de sus posiciones. Esta situación es inestable para el átomo, por lo que electrones de las capas seguidamente superiores decaen para ocupar estas vacantes liberando energía en forma de onda electromagnética; los rayos-X.

Su descubrimiento se debe al alemán Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, quien mientras investigaba la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos, al tapar el tubo con un cartón negro, había una luz que conseguía atravesarlo.¹⁴

Difracción de rayos-X (DRX)

Desde su descubrimiento la principal aplicación de los rayos-X fue la medicina, no fue hasta 1912 cuando se descubrió otra gran aplicación de estos.

¹⁴ Martínez-Ripoll, Martín Román-Polo, Pascual, *¿Cómo aprendimos a “ver” átomos y moléculas después de von Laue?*. An. Quím. 108(3), 225-235, 2012.

Esta otra gran aplicación fue descubierta por Max Von Laue, discípulo de Max Planck.

Max hizo incidir un haz de rayos X sobre una película de sulfato de cobre, estos producían unos puntos determinados sobre una placa fotográfica, lo que era consecuencia de la desviación de los rayos X, es decir del cambio de dirección de la propagación. Sin embargo, había que descifrar el porqué de esos puntos y esta fue la gran y necesaria aportación de los Bragg, padre e hijo, ya que descubrieron que la longitud de onda de los rayos X estaba relacionada con la distancia entre los átomos de la red cristalina y con los puntos que se observaban en la placa fotográfica.

Cabe destacar que para hacer una interpretación de los patrones de las placas fotográficas hay que tener un gran dominio de las matemáticas. Dicha relación es lo que hoy en día conocemos como “ley de Bragg” la cual fue el comienzo glorioso de la cristalografía. Y por este hecho recibieron el Premio Nobel. Tras el cual padre e hijo establecieron laboratorios en ciudades separadas, y en campos distintos: el padre se dedicó a la difracción de compuestos orgánicos y el hijo a la difracción de compuestos inorgánicos.

Nos podríamos preguntar ¿en qué influyeron estos dos hombres y su ley en la historia de la mujer?

Los motivos fueron dos. En este momento de la historia, principios del siglo XX, en la sociedad inglesa, la mujer no tenía fácil acceso a estudios superiores, sin embargo, los Bragg carecían de prejuicios hacia la inteligencia y capacidad de las mujeres.

Y segundo la rama de la cristalografía era muy ardua y no estaba considerada de gran interés para aquellos grandes intelectuales. Por lo que la combinación de ambas hizo que se diera paso a una gran generación de cristalógrafas.¹⁵

Probablemente a cualquiera con un poco de noción sobre cristalografía que piense en mujeres le vienen a la cabeza nombres como Rosalind Franklin, Dorothy Crowfoot Hodgking, mujeres que también merecen un puesto en los anales de la historia por méritos propios. Pero, ¿quién fue la primera mujer cristalógrafa que abrió el camino de esta

¹⁵ Muñoz Páez, Adela y Garritz, Andoni, *Mujeres y química, Parte IV. Siglos XX y XXI, Educ. quím.*, 24(4), 326-330, 2013.

ciencia a las venideras? Aunque su nombre no es tan conocido, no podía faltar en el recorrido.

Kathleen Lonsdale

Nació en 19030 en Newbridge, Irlanda, sin embargo, por motivos familiares se trasladó a Londres donde accedió al colegio de mujeres, pero éste no ofrecía clases de matemáticas, ni física, áreas donde Kathleen destacaba ampliamente, por lo que ingreso en un colegio de chicos. Accedió al University College London, para cursar la carrera de física, en sus exámenes finales uno de los examinadores era W.H.Bragg, quien quedó asombrado con los resultados de esta por lo que le ofreció un puesto en su laboratorio, dedicado al estudio de estructuras orgánicas atreves de los rayos X. Por lo que Kathleen se encontró en el núcleo de la cristología como discípula de uno de los fundadores de esta, durante su estancia en el laboratorio de W.H.Bragg, obtuvo el máster debido la determinación estructural de derivados de etano.



Imagen.10 Kathleen en el laboratorio. *Fuente:*
http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_10/women-in-crystallography.pdf

Por motivos personales, se trasladó a Leeds, lugar donde hizo un gran descubrimiento para el mundo de la química, determinó la estructura del benceno.

Hasta el momento se sabía que estaba compuesto por 6 átomos de carbono y 6 átomos de hidrógeno. Sin embargo no se conocía si la estructura era totalmente rígida o no. Kathleen se topó con problema de que el benceno es líquido a temperatura ambiente, por lo que no podía determinar por difracción de rayos X, por lo que tuvo que hacer un derivado de mayor peso molecular que solidificara, en primera lugar uso hexametilbenceno, suponiendo que el derivado conservaba la estructura del benceno, determinó por DRX que el benceno tenía una estructura rígida, corroboró esta idea determinando la estructura del hexaclorobenceno y obteniendo los mismos resultados.

A simple vista puede parecer una tarea sencilla, pero la complicación del estudio de la difracción de rayos X, se encuentra en las matemáticas; para relacionar los patrones de difracción con las estructuras son necesarias herramientas tales como la transformada de Fourier. Kathleen hizo todas las operaciones matemáticas a mano

En 1945 fue nominada por uno de los Bragg para ser admitida en la Royal Society, finalmente el 22 de marzo de ese año fue aceptada junto con Marjory Stephenson; convirtiéndose así en las primeras mujeres de la historia admitidas en la prestigiosa institución, cabe destacar que también se convirtió en la primera mujer ocupando una cátedra en la *University College* de Londres.

Los méritos de Kathleen no se reducen a la ardua tarea de determinar la estructura del benceno. Proliferó en otros temas como el estudio de las propiedades magnéticas anisotrópicas de cristales y moléculas, especialmente de los compuestos aromáticos; los modos de vibración, en concreto, de reflexión “anomalous”, y la dispersión térmica difusa de los cristales, el estudio estructural del diamante sintético, así como la transformación del diamante en grafito; y las reacciones en estado sólido. Por todo ello queda más que demostrado la grandeza de Kathleen y sus aportes a la cristalografía tal y como la conocemos hoy en día. Su marido dijo sobre ella que:

“cuando la manzana cayó sobre la cabeza de Newton, alguien la recogió e hizo con ella una empanada para la cena, ese ha sido en cierto modo mi trabajo.

Incluso antes de casarnos fui consciente de que ella tenía una de las inteligencias más poderosas del nuestro tiempo. La mayor parte de mi carrera profesional he estado centrado en la ingeniería, por lo que solo se dé su trabajo lo suficiente para darme cuenta de su importancia y valor, y para saber lo afortunado que he sido al haber estado, en

*cierto modo asociado a él, por haber sido el encargado de “preparar la cena de Newton”.*¹⁶

Rosalind Franklin

Nació en 1920 en el seno de una familia de clase media alta, lo que supuso que tuvo acceso a buenas instituciones académicas sin problemas. Fue a un instituto femenino, el cual destacaba por impartir clases de matemáticas y física, algo poco usual. Rosalind destacó en estas áreas, también era una diestra para las lenguas extranjeras ya que hablaba francés y un poco de alemán. Tras acabar el instituto, accedió a la universidad de Cambridge¹⁷, para estudiar química-física, sin embargo, el camino no fue sencillo, su padre no quiso pagarle los estudios ya que consideraba que las ciencias no era una carrera adecuada para una mujer; así que fue su tía la que se hizo cargo de esa tarea.



Imagen.11 Rosalind Franklin *Fuente:*
https://es.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklin

¹⁶ Ver referencia 1 (pág. 6)

¹⁷ <http://www.historiadelamedicina.org/franklin.html>;

Los escritos de otras personas que conocieron a Rosalind la describen como una mujer altiva, que no se dejaba amedrentar por nadie, orgullosa, actitudes que se les permitían a todos los hombres pero que, en la sociedad inglesa de principios del siglo XX, no era bien recibidas si las profesaba una mujer.

Durante su carrera conoció a W. L. Bragg, Max Perutz, y John Bernal quienes la acercaron al mundo de la cristalografía, convirtiéndose en una especialista de la materia.

Al acabar la carrera, 1939, estalló la Segunda Guerra Mundial, por lo que uno de los intereses nacionales era la guerra química, arma fundamental de la Primera Guerra Mundial. Por lo que el *British Coal Utilisation Research Association*, le ofreció una plaza para el estudio de las máscaras de gas, en concreto en la mejora del filtro de estas, ya que hasta el momento la estructura de los carbones sufría modificaciones al calentarse. Rosalind hizo grandísimas aportaciones a este campo, por lo que terminó su tesis en 1945. Tras unos años en Francia, en los cuales perfeccionó sus técnicas como cristalógrafa ya que aprendió a aplicar DRX a sustancias que no eran cristales, regresó a Inglaterra gracias a una beca que le ofreció John Randall en Unidad de Biofísica del Consejo de Investigación Médica. El principal objetivo de esta unidad era el descubrimiento de la estructura del ADN y ARN, ya que se sabía que para conocer las leyes de la transmisión de la herencia se debía conocer las estructuras de estas.

Para entender por qué Rosalind Franklin es un de las grandes olvidadas de la historia de la química/biología hay que conocer el contexto histórico y las personas de las cuales se rodeó durante su época de mayor esplendor.

En este momento de la historia, como ya se ha anticipado anteriormente, la estructura del ADN y el ARN no estaba descubierta y era de vital importancia. Para su descubrimiento a los dos lados de océano había grupos de investigación luchando para obtener tan deseada estructura.

Dentro de la institución a la que pertenecía Rosalind, estaba el director de tal institución Randall, y su mano derecha Wilkins, quien debía supervisar el trabajo de Rosalind. Watson era un biólogo que carecía de conocimientos cristalográficos, pero por el contrario tenía una gran ambición por obtener la manzana de oro, al igual que Crick. El trabajo de Rosalind era seguir con la investigación y ayudar a Wilkins, sin embargo, éste consideraba que el trabajo de Rosalind era ser su subordinada. Como ya se ha dicho antes,

el carácter de Rosalind era de todo menos sumiso, por lo que su relación con Wilkins no fue buena.

Dentro de sus investigaciones, Rosalind descubrió que había dos formas del ADN, lo que se denominó estructura A (seca) y la estructura B (húmeda), gracias a su gran destreza con las técnicas de difracción; asimismo descubrió que los componentes básicos era fosfatos y azúcares, y que la estructura básica consistía en dos cadenas. Sin embargo, no había conseguido determinar aún cual era la estructura de estas dos cadenas. Por lo que Rosalind, intentaba determinar, cristalizándola y aplicándole DRX, a simple vista parece una tarea sencilla, pero hay que recalcar la idea de que la dificultad se encontraba en aplicar las matemáticas para conseguir la estructura, así como la cristalización pura. Al mismo tiempo que Rosalind hacía cristalizaciones para hallar la estructura, entre las que consiguió la *fotografía número 51*, en la que se aprecia nítidamente la estructura del ADN B (1952).

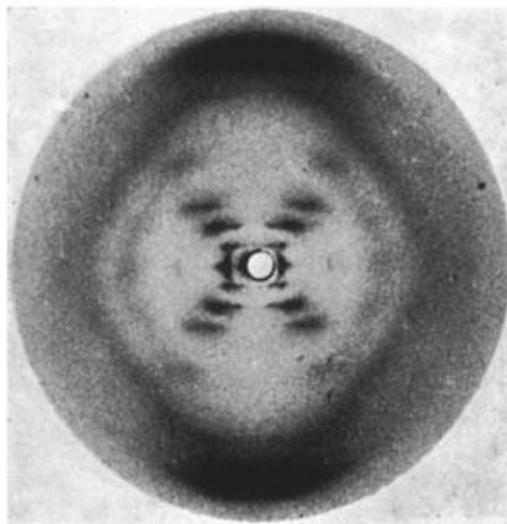


Imagen.12 Fotografía Número 51 *Fuente:*
https://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_51

Watson y Crick suponían estructuras posibles del ADN pero para que pudiesen ser fiables necesitaban los datos que Rosalind obtenía en el laboratorio. Hubo un momento en el que la situación entre Rosalind y Wilkins se hizo insoportable, ya que era dos personas que encabezaban un mismo proyecto incapaz de colaborar, por lo que Rosalind decidió dejar el estudio de la estructura del ADN. Las consecuencias de su marcha fueron que debía entregar todos los documentos de sus investigaciones al instituto, ya que necesitaban tales

aportaciones para seguir obteniendo financiación, sin embargo antes de irse de esta rama Rosalind publicó un artículo en la revista *Nature* donde desarrollaba sus investigaciones.¹⁸ Aquí nos encontramos con el gran fraude del descubrimiento de la estructura del ADN. Watson, Crick y Wilkins se hicieron con los documentos de Rosalind y redactaron un artículo donde dilucidaban la estructura del ADN, y fue la revista *Nature*, quien les publicó el artículo. Por “su” gran descubrimiento Watson Crick y Wilkins recibieron el Premio Nobel en 1962, por la determinación de la estructura del ADN, sin mencionar siquiera la labor de Rosalind (esta falleció en 1958). Por lo que nunca se sabrá que catapultó al olvido a Rosalind su posición de mujer, la gran lucha por conseguir llevarse la gloria de haber determinado la estructura del ADN, o una mezcla de ambos. Solo podemos afirmar que el caso de Rosalind Franklin ha sido una de las grandes injusticias que ha cometido la ciencia.

“La ciencia y la vida ni pueden ni deben estar separadas. Para mí la ciencia da una explicación parcial de la vida. Tal como es se basa en los hechos, la experiencia y los experimentos...”

Estoy de acuerdo en que la fe es fundamental para tener éxito en la vida, pero no acepto tu definición de fe, la creencia de que hay vida tras la muerte. En mi opinión, lo único que necesita la fe es el convencimiento de que esforzándonos en hacer lo mejor que podemos nos acercaremos al éxito, y que el éxito de nuestros propósitos, la mejora de la humanidad de hoy y del futuro, merece la pena conseguirse.”

Rosalind Franklin. 1940.¹⁸

¹⁸ <https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative/KR/p-nid/183>

<https://hipertextual.com/2014/11/rosalind-franklin>; Franklin, Rosalind E., Gosling, R. G., “Evidence for 2-Chain Helix in Crystalline Structure of Sodium Deoxyribonucleate”, *Nature*, volume 172, pp. 156–157, 25 July 1953.

Dorothy Crowfoot Hodgking

Nació el 12 de mayo de 1910, en el Cairo, que por aquel entonces pertenecía al imperio británico.



Imagen.13 Dorothy Crowfoot *Fuente:*
<https://pilargarcia2014.wordpress.com/2018/03/05/historia-de-la-penicilina-dorothy-crowfoot-hodgkin/>

Con el estallido de la Primera Guerra Mundial, Dorothy y parte de su familia se trasladó a Inglaterra. Su madre era botánica, por lo que se encargó de la educación de Dorothy. Accedió a una escuela pública, donde recibió una gran educación, destacando la recibida en química, ya que su profesora les dio pequeñas nociones de cristalografía, hecho que encandilaría a Dorothy. Pero sin duda uno de los hechos claves en la joven vida de Dorothy, fue que su madre la obsequió con el libro *Sobre la naturaleza de las cosas*. El cual estaba escrito por W.H.Bragg, por lo que el tema fundamental del libro era la cristalografía y la difracción de rayos X. Lo que la hizo definitivamente decidirse a estudiar química en la universidad de Oxford. Universidad que, por aquel entonces, aún tenía en sus filas profesores que no aceptaban a alumnas en sus clases. Sin embargo, eso no fue un hándicap para Dorothy, ya que en 1932 se graduó con los máximos honores. En ese momento, John Desmond Bernal, bioquímico discípulo de W.H.Bragg, que buscaba descubrir la relación entre la estructura de biomoléculas y su función; estaba deseoso de encontrar investigadores brillantes en ese campo, por lo que esto junto con su

falta de prejuicios hacia las mujeres, hizo que Dorothy se incorporara ese mismo año a su grupo de investigación. Estos años de gloria junto con Bernal, finalizaron cuando aceptó dar clases en el College femenino Somerville de Oxford. Dorothy no recibía dinero por parte de la universidad para sus investigaciones, por lo que tuvo que buscar financiación en otros sectores y decidió montar su propio laboratorio sin necesidad de unirse a ningún grupo de investigación. La universidad de Oxford, le permitió instalar su laboratorio en el sótano del museo de historia natural.

Penicilina

Se descubrió en 1928 por Alexander Fleming, de forma accidental, sin embargo, no se podía sintetizar de manera industrial y a gran escala debido al desconocimiento de su estructura. Por lo que se obtenía de manera natural a partir de un moho.

Con el estallido de la Segunda Guerra Mundial, al igual que en la primera, los países dejan de hacer lo que estaban haciendo para centrarse en la guerra. Tras unos años de guerra, los científicos ingleses, percibieron que muchas de las muertes de soldados eran por infecciones. Por lo que debían desarrollar un método para combatirlo. Por ello decidieron encaminar esta búsqueda con la penicilina. Sin embargo, para la síntesis de la penicilina había que determinar algo totalmente necesario; su estructura. Por lo que Ernst Chain, investigador de dicho grupo decidió contactar con Dorothy para tan ardua tarea. Tras años de investigaciones, finalmente Dorothy publicó su estructura en 1949.



Imagen.14 Modelo construido por Dorothy Crowfoot de la estructura de la penicilina *Fuente:* <https://pilargarcia2014.wordpress.com/2018/03/05/historia-de-la-penicilina-dorothy-crowfoot-hodgkin/>

Otro de los grandes logros de Dorothy fue el descubrimiento de la estructura de la vitamina B₁₂ y la insulina. Finalmente le concedieron el Premio Nobel de Química en 1964, por la determinación de moléculas complejas.¹⁹

¹⁹ <https://pilargarcia2014.wordpress.com/2018/03/05/historia-de-la-penicilina-dorothy-crowfoot-hodgkin/>

BLOQUE III: QUÍMICA Y ESPAÑA

Hasta el momento hemos podido disfrutar de la gloria de mujeres europeas que con su trabajo y esfuerzo dieron su vida por la ciencia desde los albores de la historia hasta bien adentrado el siglo XX, seguro que desde ese momento hasta nuestro año 2018, la ciencia está plagado de nombres de grandes mujeres, a los que esperemos que la historia les dé el lugar que corresponda. Sin embargo, como estudiante de química en España, no sentiría que he hecho una buena labor sin dejar constancia en este trabajo de todas aquellas mujeres españolas que abrieron paso a las generaciones que hoy en este país, disfrutamos de una educación igualitaria. Por lo que mi siguiente paso será rendir homenaje a las químicas españolas, de las que la historia no ha dejado ninguna constancia. Para entender el porqué de la ausencia total de mujeres en la historia de la ciencia, debemos conocer primero el contexto sociocultural de nuestro país durante las etapas en la que destacaron las mujeres europeas.

CONTEXTO SOCIOCULTURAL

España ha sido un crisol de civilizaciones y culturas desde el comienzo de la historia. Su posición estratégica, su clima y su riqueza mineral hizo de ella una nación que todos pretendían controlar, por lo que basta con conocer un poco la historia de España para saber que ha estado sumida en muchas guerras, de invasión, de obtención del poder por manejarla. Por lo que ha sufrido grandes épocas de guerra, dejándose de lado temas tan importantes como la educación, la cultura. Temas que en Europa ya habían avanzado en gran parte. Uno de los puntos de inflexión en la historia de España, respecto a la cultura fue la Invasión Francesa (1807). ¿Y esto a qué se debe? cuando Francia invadió España no solo entraron sus tropas, sino que también entraron las ideas que la Revolución Francesa implantó en la sociedad francesa.

Ideas liberales en aspectos tanto culturales como económicos

Durante la Guerra de Independencia Española, se proclama la constitución de 1812, en la cual por primera vez se incorpora la idea de que en la educación del pueblo debe invertir el Estado, lo que supone la creación de las bases de un sistema educativo. Sin embargo, no fue hasta 1855, con la aprobación de la Ley Moyano, donde quedaba registrado en un documento legal la obligación de la enseñanza primaria para niños y niñas de entre 6 y 9 años.

Fue un hito, desde el punto de vista femenino, ya que hasta el momento la mujer estaba totalmente descartada del ámbito cultura. Cabe destacar que en 1872 M^a Elena Maseras fue la primera mujer que obtuvo un título universitario en medicina, pero tuvo que obtener el permiso del por aquel entonces rey, Amadeo de Saboya. No obstante, en 1882 se publicó una orden real por la cual cualquier mujer que quisiera acceder a la universidad debía pedir permiso al Ministro de Instrucción Publico. Desde el punto de vista científico, uno de los momentos más importantes fue la creación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) en 1907, cuyo director fue Santiago Ramón y Cajal. Finalmente, en 1910 se estableció en España el libre acceso de la mujer a las universidades. Pero una cosa es lo que dicten las leyes y otras muy diferente es lo que la sociedad crea que es correcto. España desde el tiempo de los romanos ha ido de la mano del cristianismo, lo que desemboca en una sociedad altamente pudorosa y con un gran número de prejuicios con todo lo que rodea a la mujer. Así que, aunque las universidades estuvieran abiertas para las mujeres, en muchos hogares no las dejan acudir debido a que todas las instituciones relacionadas con las universidades, estaban llenas de hombres, por supuesto las residencias. Por lo que un paso determinante para el acceso de la mujer a la universidad fue la creación de la Residencia de Señoritas en 1915, por parte de la JAE. Esta residencia daba hogar a las alumnas pero también les ofrecía servicios como biblioteca, laboratorios, clases complementarias a la universidad y cursos de idiomas.

CIENCIA EN ESPAÑA

Como ya se ha destacado antes, uno de los pasos claves para la mejora del campo científico en España fue la creación de la JAE. Sin embargo, hay otro hecho que es ampliamente destacable en la historia de España, y es la cercana relación entre un grupo de mujeres norteamericanas y la educación española. En la cultura americana de principio del siglo XX, estaba de moda el concepto de “ayuda misionera”, y eso fue lo que llevaron a cabo un grupo de mujeres ultra católicas. Cuya labor consistía en ir a países católicos para prestar ayuda en áreas educativas, y uno de estos países fue España. En concreto se creó el *International Institute for Girls in Spain (IIGS)* en 1892.²⁰ Uno de los objetivos de estas instituciones era el acercamiento de las mujeres a la ciencia. Por lo que el IIGS y la JAE tenían intereses en común. Uno de los momentos claves, fue en el cual el IIGS alquiló una zona de sus instalaciones para el uso de la Residencia de Señoritas, con una

²⁰ Magallón Portolés, Carmen, *Pioneras españolas en la ciencia*, CSIC, Madrid, 2004.

condición, tendrían que ser profesoras norteamericanas las que se responsabilizarían de las áreas de inglés, educación física y laboratorios. Con esta decisión se abrió una etapa brillante para las científicas españolas, de la mano de Mary Louise Foster, profesora de química.

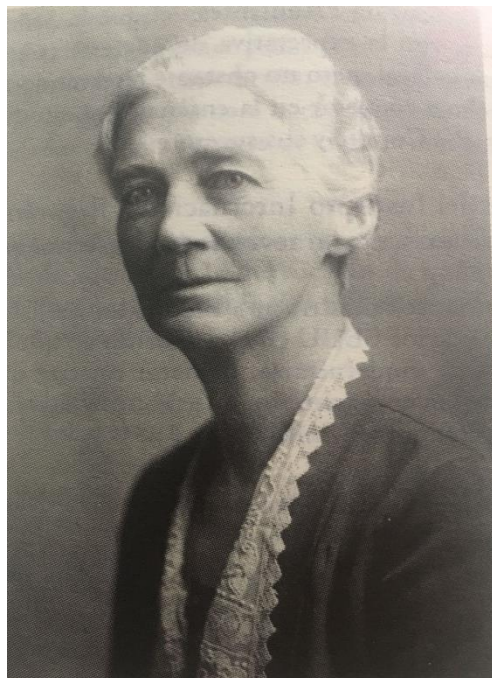


Imagen.15 Mary L. Foster. Fuente Magallón
Protocolos, Carmen, *Pioneras españolas en la ciencia*,

MARY LOUISE FOSTER Y EL LABORATORIO FOSTER.

Nacida en Boston en 1865, graduado en química por la universidad de Chicago, fue instructora en el departamento de química del Smith College en 1908, también fue profesora de química y física, en *Woman's Medical College en Nueva York*.²¹ Finalmente, en 1920 viaja a España para convertirse en la directora del IIGS, y se hace cargo del laboratorio en el cual realizan prácticas las alumnas de la residencia de señoritas. Una de las ventajas para las alumnas que fomento Foster fue el hecho de que los profesores de las distintas universidades, debido a la cualificación de Foster, fue convalidar las prácticas que se hicieran bajo la supervisión de esta. Lo que supuso una gran ventaja para las alumnas.

²¹ Ver referencia 19 (pág. 40)

Foster tenía claro que el orden y la disciplina eran claves para el éxito de un laboratorio, así como necesaria las prácticas para alumnas de carreras científicas, por lo que fue incluyendo reformas durante los primeros cursos. En el periodo de 1920-1921 organizó el laboratorio en dos cursos, uno de análisis cualitativo y otro cuantitativo. Así como la compra de dos balanzas más y se instala gas para poder llevar a cabo trabajos cuantitativos. En el periodo de 1921-1922 instaura un curso de química orgánica, que hasta el momento no existía. Así mismo se percató que a finales del curso las alumnas no podían acudir a las prácticas debido a que estaban absortas en sus exámenes finales de la universidad, por lo que decidió que se harían más horas semanales durante los primeros meses. Durante 1922-1923 la dirección pasó de Foster a otra norteamericana, Vera Colding, que siguió las instrucciones de Foster, y dividió a las alumnas en dos cursos uno de química inorgánica y otra de química orgánica. En los años posteriores la dirección del laboratorio recayó en manos españolas. Sin embargo, el número de alumnas procedentes de la residencia y de otros puntos fue tan grande que las instalaciones del laboratorio eran insuficientes. Por lo que la JAE y el IIGS inician la construcción de un nuevo laboratorio, aunque con muchos problemas de financiación, pero con algo mejor aún, Foster decidió volver en 1927 para la supervisión de la construcción del laboratorio. Durante los próximos años la línea de trabajo es similar a su predecesor. De estos laboratorios salen excepcionales científicas que labraran su futuro en el Instituto Nacional de Física y Química (INFQ), tales como: Piedad de la Cierva, pionera en los estudios de radiación artificial; Teresa Toral, investigadora del área de química-física; Vicenta Arnal en el campo de la electroquímica, entre otras. El paso del laboratorio Foster al INFQ se dio sin complicaciones ya que ambas instituciones estaban dirigidas por la JAE. Con el comienzo de la guerra civil española (1936-1939), la existencia y la memoria del Laboratorio Foster desaparece.

DOROTEA BARNÉS Y LA ESPECTROSCOPIA RAMAN

Dorotea nació en Madrid en 1904, en el seno de una familia liberal. Su padre era catedrático de Historia llegó a ser diputado (1931) y ministro de Educación (en 1933, en el gobierno de Azaña, y en 1936, con Casares Quiroga) en la Segunda República.



Imagen.16 Dorotea Barnés *Fuente:*
https://es.wikipedia.org/wiki/Dorotea_Barn%C3%A9s_Gonz%C3%A1lez

Por lo que tenía la firme convicción de que sus hijas debían tener estudios superiores.

Por ello Dorotea se licenció y doctoró en ciencia en la Universidad Central en 1931, y completaba sus estudios en el Laboratorio Foster. Donde tuvo una gran relación con Mary Louise Foster. Foster que supo ver el talento innato de Barnés, la ayudó a obtener una beca para ir al Smith College a iniciarse en las técnicas de espectroscopia. Barnés se especializó en el uso de la espectroscopia para el análisis químico. Y escribió su primer artículo, junto con Foster y Anslow *Algunas características químicas y el espectro de absorción de la cistina* lo que le otorgó a Barnés el *Master Degree of Science*. Tras este logro, obtuvo una beca para la universidad de Yale, una de las más restrictivas a la entrada de mujeres. Finalmente regresa a España en 1932 y se incorpora en el Instituto Nacional de Física y Química (INFQ) bajo la supervisión de Miguel Catalán, el cual le encargó viajar a Graz, Austria. Donde se especializa en la espectroscopia Raman, siendo la primera persona de España que escribe un artículo sobre dicha técnica, por lo que fue quien la introdujo en la península. ¿En qué consistía el trabajo de Barnés en la

espectroscopia? Para ello retomaremos conocimiento de dicha técnica. La espectroscopia raman, es una técnica espectroscópica, que se basa en la dispersión inelástica de la luz. Fue descubierta por C.V. Raman por lo que recibió el Premio Nobel en 1930.

Sin rigurosa exactitud, ocurre lo siguiente, al incidir un haz de luz monocromático, este es capaz de excitar la nube electrónica de una molécula a un estado virtual, posteriormente se relaja, emitiendo energía, al estado energético inicial, pero a distinto estado vibracional. La energía se emite en forma de radiación, la cual puede ser de una longitud de onda superior o inferior a la del haz incidente. Por lo que nos encontramos con dos dispersiones, la dispersión de Stokes con una longitud de onda mayor y por el contrario la de anti Stokes. El primer artículo sobre espectroscopia, que escribió Dorotea, fue *Espectro de vibración de las parafinas* (1932). En él, con el uso de la espectroscopia Raman, obtuvo el espectro de vibración de todas las formas moleculares posibles de las parafinas de 1 a 5 átomos de carbono, sin embargo, faltaba el $C(CH_3)_4$.

Tras su vuelta a España sigue sus investigaciones en Espectroscopia Raman en el estudio de los alcoholes. Su brillante carrera se vio truncada con el estallido de la Guerra Civil, ya que se exiliaron en Francia. Tras acabar la guerra nunca volvió a retomar sus actividades de investigación.²²

²² Ver referencia 19 (pág. 40)

MUJERES ACTUALES

Aunque la historia de España y la ciencia se vio truncada con el inicio de la Guerra Civil y la posterior época de la dictadura hoy en día, existen un gran número de científicas españolas que han cogido el legado de estas grandes mujeres y que abren paso a las generaciones venideras. La evolución se ve reflejada en las clases, en las cuales el número de alumnos y alumnas a día de hoy, 2018, son muy igualitarias, así mismo el número de profesoras es muy alto y se ha conseguido que la educación sea homogénea para ambos sectores. Aunque quede mucho camino por recorrer. Concretamente en la actualidad nos encontramos con el caso de 3 científicas españolas que están entre las 50 mujeres más influyentes del mundo en Química Analítica.²³

Coral Barbas ²⁴

Licenciada en química, por la Universidad Complutense de Madrid y catedrática de química analítica en la universidad CEU San Pablo desde 2007. Fue investigadora Marie Curie en Kings College London, y hoy en día ocupa el cargo de directora del Centro de Metabólica y Bioanálisis. Así como la dirección de la escuela internacional de doctorado CEU. (CEINDO). Entre sus líneas de investigación se encuentran; cromatografía, y electroforesis capilar, diabetes y estrés oxidativo, errores congénitos del metabolismo.

Elena Ibáñez ²⁵

Es doctora en química por la universidad autónoma de Madrid, realizó su estancia postdoctoral en *Brigham Young University* y en la *University of California Davis*. Desde 2010, es investigadora en el laboratorio de foodómica, del Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, perteneciente al CSIC. (La foodómica, estudia los alimentos y su bioactividad)

Lourdes Ramos²⁶

Doctora en química por la Universidad Autónoma de Madrid, su estancia postdoctoral en Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy (ACAS) de *Free University* en Ámsterdam, Holanda. Trabaja como investigadora en el departamento de análisis

²³ <http://www.europapress.es/madrid/ceu-00593/noticia-tres-cientificas-espanolas-50-mujeres-mas-influyentes-mundo-quimica-analitica-20161025144158.html>

²⁴ https://es.wikipedia.org/wiki/Coral_Barbas

²⁵ https://es.wikipedia.org/wiki/Elena_Ib%C3%A1%C3%B1ez

²⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Lourdes_Ramos_Rivero

instrumental y química ambiental en el departamento del Instituto de Química Orgánica del CSIC.

CONCLUSIÓN PERSONAL

Se han detallados los avances encabezados por distintas mujeres, junto con el contexto sociocultural al que pertenecen, demostrando la conexión existente entre ambos.

De la misma manera queda reflejado que una vez que se otorgan los mismos derechos sobre la educación a hombres y mujeres ambos pueden alcanzar por igual grandes avances para la ciencia.

Por último, se plasma el hecho de que en España los avances científicos llegaron con cierto retraso en comparación con algunos países europeos, sin embargo, esto no supuso un problema para que se diera una gran generación de mujeres científicas que hallaron el camino a las venideras.

Tras hacer un juicio de toda la información aquí expuesta he extraído una idea más profunda; la necesidad de conocer la historia.

La química como otras ramas de la ciencia, tiene como objetivo el aprendizaje de la práctica y la transmisión de los conocimientos que le conciernen a cada área que la componen. Es decir, como química, he aprendido durante estos años infinitud de cosas, en el ámbito de la química orgánica, la inorgánica, química-física y analítica, entre otras. Sin embargo, creo que es de vital importancia conocer de dónde vienen esos conocimientos, cómo se han ido forjando. Conocer en qué contexto sociocultural se han llevado a cabo los hallazgos, qué condiciones son las óptimas para el desarrollo de la ciencia. Y lo más importante, qué impulsa al ser humano a seguir queriendo desentrañar la naturaleza y las leyes que la rigen, conociendo los errores del pasado para no repetirlos en un futuro.

En este caso, he intentado hacer un barrido por la historia, eligiendo de manera totalmente subjetiva a las autoras que aquí aparecen, pero intentando plasmar la evolución que se ha experimentado a lo largo de los años, por un sector que la ciencia ha solido olvidar: las mujeres.

Lo que puedo afirmar tras profundizar en la vida de estas mujeres y conociendo previamente la de otros grandes científicos, es que el conocimiento científico no entiende de género.

Y que solo se conseguirá avanzar con la unión de gente brillante, tomando como único baremo su inteligencia y su amor por la ciencia.

Este ha sido mi pequeño homenaje a ellas, del que he disfrutado al igual que espero que disfruten aquellas personas que lo lean. Sin olvidar nunca una cosa; nosotras también estamos subidas a hombros de gigantes.